

GY

中华人民共和国广播电视和网络视听行业标准

GY/T 419—2025

高动态范围视频端到端技术要求 和测量方法

Technical requirements and measurement methods for high dynamic range video
end-to-end system

2025 - 04 - 03 发布

2025 - 04 - 03 实施

国家广播电视总局 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 HDR 视频端到端系统组成	2
6 技术要求	2
6.1 HDR 视频制作关键技术参数要求	2
6.2 PQ 元数据生成要求	3
6.3 HDR 视频编码要求	5
6.4 HDR 视频传输要求	5
6.5 HDR 视频解码要求	5
6.6 PQ 元数据显示适配要求	5
7 测量方法	6
7.1 测量环境条件	6
7.2 HDR 视频制作关键技术参数	6
7.3 PQ 元数据生成	6
7.4 HDR 视频编码	7
7.5 HDR 视频传输	7
7.6 HDR 视频解码	8
7.7 PQ 元数据显示适配	8
附录 A（规范性） HDR 视频主观质量评价方法	10
A.1 测试视频	10
A.2 观看条件	10
A.3 观看员	10
A.4 评价测试阶段	10
A.5 主观评价的编排显示	11
A.6 评分标度	11
A.7 结果分析和统计	12
参考文献	13

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国广播电视和网络视听标准化技术委员会（SAC/TC 239）归口。

本文件起草单位：国家广播电视总局广播电视科学研究院、中央广播电视总台、国家广播电视总局广播电视规划院、杭州当虹科技股份有限公司、华为技术有限公司、北京广播电视台、广东广播电视台、广州市广播电视台、湖南广播电视台、山西广播电视台、江苏省广播电视总台、浙江广播电视集团、山东广播电视台、云南广播电视台、深圳广播电影电视集团、海思技术有限公司、咪咕文化科技有限公司、北京中科大洋科技发展股份有限公司、成都索贝数码科技股份有限公司、北京数码视讯软件技术发展有限公司、四川传媒学院、鼎盛佳和（北京）文化传播有限公司、北京体育大学、四川新视创伟超高清科技有限公司、湖南快乐阳光互动娱乐传媒有限公司、中移（杭州）信息技术有限公司。

本文件主要起草人员：周芸、郭晓强、潘晓菲、宁金辉、石小明、余全合、李岩、胡潇、黎政、付光涛、李小雨、毕江、曾志群、滕建新、方林、郭海、吴昊、潘永杰、韩国栋、杨开荣、赵为纲、商同、王琦、袁乐、张金沙、王惠明、张乾、刘斌、朱易、刘勤山、邢卫东、许国忠、徐京华、杨川、张宁、成六祥、李康敬、周骋、邹箭宇、左旭舟、冉峡、张升、陈磊、赵琳琳、陈小波、宋小民、卢剑平、谭嵩、魏嘉、章婷婷。

高动态范围视频端到端技术要求和测量方法

1 范围

本文件规定了高动态范围（HDR）视频在节目制作、元数据生成、编码、传输、解码、元数据显示适配等各环节应用HDR Vivid的技术要求和测量方法。

本文件适用于HDR视频系统的开发、生产、应用、测试和维护。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 41808—2022 高动态范围电视节目制作和交换图像参数值

GB/T 41809—2022 超高清清晰度电视系统节目制作和交换参数值

GY/T 299.1—2016 高效音视频编码 第1部分：视频

GY/T 329—2020 4K超高清视频图像质量主观评价用测试图像

GY/T 347.1—2021 超高清清晰度电视信号实时串行数字接口 第1部分：多链路10Gbit/s光接口（10比特字容器）

GY/T 347.2—2021 超高清清晰度电视信号实时串行数字接口 第2部分：多链路10Gbit/s光接口（12比特字容器）

GY/T 347.3—2021 超高清清晰度电视信号实时串行数字接口 第3部分：单链路和多链路6Gbit/s、12Gbit/s和24Gbit/s光和电接口

GY/T 358—2022 高动态范围电视系统显示适配元数据技术要求

GY/T 365—2023 4K超高清清晰度电视节目文件格式规范

GY/T 368—2023 先进高效视频编码

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

HDR 高动态范围（High Dynamic Range）

HLG 混合对数伽马（Hybrid Log Gamma）

MXF 素材交换格式（Material Exchange Format）

PQ 感知量化（Perceptual Quantization）

SDI 串行数字接口（Serial Digital Interface）

SDR 标准动态范围 (Standard Dynamic Range)

XML 可扩展标记语言 (eXtensible Markup Language)

5 HDR 视频端到端系统组成

HDR视频根据亮度非线性转换曲线的不同,分为PQ视频和HLG视频。

PQ视频端到端系统涉及HDR视频制作、元数据生成、视频编码、传输、视频解码、元数据显示适配、图像显示等模块,系统组成见图1,元数据应符合GY/T 358—2022的规定。



图1 PQ视频端到端系统组成

PQ视频经过元数据生成模块得到PQ元数据,PQ元数据包含静态元数据和动态元数据。元数据生成模块一般集成在HDR视频后期制作系统或视频编码器中。PQ视频和PQ元数据经过视频编码后传输,终端视频解码得到PQ视频和PQ元数据,根据显示设备的显示能力,经过元数据显示适配后进行显示。

HLG视频端到端系统涉及HDR视频制作、视频编码、传输、视频解码、图像显示等模块,系统组成见图2。HLG视频一般不包含元数据,终端视频解码得到HLG视频后在显示设备上直接显示。



图2 HLG视频端到端系统组成

6 技术要求

6.1 HDR 视频制作关键技术参数要求

HDR视频制作关键技术参数中的系统彩色体系、非线性转换函数、量化精度应符合表1的规定。

表1 HDR视频制作关键技术参数

序号	技术参数	技术要求
1	系统彩色体系	GB/T 41808—2022 表 2 中规定的系统彩色体系
2	非线性转换函数	PQ (GB/T 41808—2022 中的表 4)
		HLG (GB/T 41808—2022 中的表 5)
3	量化精度	10bit 或 12bit

如果HDR视频采用MXF文件格式进行封装,应按照GY/T 365—2023附录A的规定,对系统彩色体系、非线性转换函数、量化精度正确进行标识。

如果HDR视频采用SDI接口进行传输,应按照GY/T 347.1~347.3—2021的规定,在有效载荷标识符数据包中对系统彩色体系、非线性转换函数、量化精度正确进行标识。

6.2 PQ元数据生成要求

6.2.1 PQ静态元数据技术要求

PQ静态元数据包括制作用主监视器的显示参数及显示内容亮度参数，制作用主监视器的显示参数应符合表2中序号1~4的规定，显示内容最大亮度和显示内容最大图像平均亮度应符合表2中序号5~6的规定。

表2 PQ静态元数据标准符合性技术要求

序号	元数据名称	技术要求	必备/可选
1	display primaries_x[c], display primaries_y[c]	16位无符号整数，范围为0~50000	必备
2	white_point_x, white_point_y	16位无符号整数，范围为0~50000	必备
3	max_display_mastering_luminance	16位无符号整数，范围为1cd/m ² ~65535cd/m ²	必备
4	min_display_mastering_luminance	16位无符号整数，范围0.0001cd/m ² ~6.5535cd/m ²	必备
5	max_content_light_level	16位无符号整数，范围为1cd/m ² ~65535cd/m ²	必备
6	max_picture_average_light_level	16位无符号整数，范围为1cd/m ² ~65535cd/m ²	必备

6.2.2 PQ动态元数据技术要求

PQ动态元数据技术要求应符合表3的规定。

表3 PQ动态元数据技术要求

序号	元数据名称	技术要求	必备/可选
1	system_start_code	8位无符号整数，值为0x01	必备
2	minimum_maxrgb_pq[w]	12位无符号整数，范围为0~4095，且 minimum_maxrgb_pq ≤ average_maxrgb_pq ≤ maximum_maxrgb_pq	必备
3	average_maxrgb_pq[w]		必备
4	variance_maxrgb_pq[w]		必备
5	maximum_maxrgb_pq[w]		必备
6	tone_mapping_enable_mode_flag[w]	二值变量，值为1	必备
7	tone_mapping_param_enable_num[w]	1位无符号整数，值为1	必备
8	targeted_system_display_maximum_lum inance_pq[i][w]	12位无符号整数，范围为0~4095	必备
9	base_enable_flag[i][w]	二值变量，值为1	必备
10	m_p_base_param_m_p[i][w]	14位无符号整数，范围为0~16383	必备
11	m_m_base_param_m_m[i][w]	6位无符号整数，范围为0~63	必备
12	m_a_base_param_m_a[i][w]	10位无符号整数，范围为0~1023	必备
13	m_b_base_param_m_b[i][w]	10位无符号整数，范围为0~1023	必备
14	m_n_base_param_m_n[i][w]	6位无符号整数，范围为0~63	必备
15	K1_base_param_K1[i][w]	2位无符号整数，范围为0~3	必备
16	K2_base_param_K2[i][w]	2位无符号整数，范围为0~3	必备
17	K3_base_param_K3[i][w]	4位无符号整数，范围为0~15	必备
18	base_param_Delta_enable_mode[i][w]	3位无符号整数，范围为0~7	必备

表3（续）

序号	元数据名称	技术要求	必备/可选
19	base_param_enable_Delta[i][w]	7位无符号整数，范围为0~127	必备
20	3Spline_enable_flag[i][w]	二值变量，值为1	必备
21	3Spline_enable_num[i][w]	1位无符号整数，值为0或1	0为必备， 1为可选
22	3Spline_TH_enable_mode[j][i][w]	2位无符号整数，范围为0~3	必备
23	3Spline_TH_enable_MB[j][i][w]	8位无符号整数，范围为0~255	必备
24	3Spline_TH_enable[j][i][w]	12位无符号整数，范围为0~4095	必备
25	3Spline_TH_enable_Delta1[j][i][w]	10位无符号整数，范围为0~1023	必备
26	3Spline_TH_enable_Delta2[j][i][w]	10位无符号整数，范围为0~1023	必备
27	3Spline_enable_Strength[j][i][w]	8位无符号整数，范围为0~255	必备
28	color_saturation_mapping_enable_flag[w]	二值变量，值为0或1	0为必备， 1为可选
29	color_saturation_enable_num[w]	3位无符号整数，范围为0~7	可选
30	color_saturation_enable_gain[i][w]	8位无符号整数，范围为0~255	可选

6.2.3 PQ元数据生成模块功能要求

PQ元数据生成模块功能要求应符合表4的规定。

表4 PQ元数据生成模块功能要求

序号	项目	技术要求	必备/可选
1	PQ静态元数据生成	支持GY/T 358—2022规定的PQ静态元数据生成	必备
2	PQ动态元数据自动生成	支持对PQ视频逐帧分析并自动生成GY/T 358—2022规定的动态元数据	必备
3	PQ动态元数据手动调节	支持手动对选定镜头（场景）的暗区偏移、暗部细节、暗部亮度、中灰亮度、亮区偏移、亮区亮度、亮区细节、高光、整体饱和度、亮度饱和度等参数值进行正负偏移调节，并同步修改对应的动态元数据	可选
4	PQ动态元数据场景调节	支持按照不同场景，对PQ动态元数据进行调节	可选
5	显示适配效果监看	支持不同能力终端显示适配效果监看	可选
6	元数据文件导入	支持文本、XML等形式的元数据文件导入	可选
7	元数据文件导出	支持将动态元数据以文本、XML等可读形式导出	可选

6.2.4 PQ元数据显示适配后图像质量要求

利用元数据生成模块生成的PQ元数据进行显示适配处理后的图像，与处理前的图像相比，色彩宜还原准确，图像层次宜尽可能保留完整，不应出现色彩偏移、人物肤色偏差、大面积细节丢失等图像明显劣化现象。

对显示适配处理后的视频进行主观评价，主观评价方法应符合附录A的规定。由HDR（PQ）适配至SDR显示时，评价结果应不低于7分；由HDR适配至 $300\text{cd}/\text{m}^2\sim 600\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度时，评价结果应不低于7.5分。

6.3 HDR 视频编码要求

6.3.1 HDR 视频类型标识

应在视频编码码流序列头相关字段中对HDR视频类型进行标识，HDR视频类型标识应符合表5的规定。

表5 HDR视频类型标识

序号	HDR 视频类型标识字段		值	要求
1	PQ 视频	colour_primaries	9	GB/T 41808—2022 表 2 规定的 BT. 2020 色域
		transfer_characteristics	12	GB/T 41808—2022 表 4 规定的 PQ 转换曲线
		matrix_coefficients	8	GB/T 41809—2022 表 4 规定的非恒定亮度系统采用的彩色信号转换矩阵
2	HLG 视频	colour_primaries	9	GB/T 41808—2022 表 2 规定的 BT. 2020 色域
		transfer_characteristics	14	GB/T 41808—2022 表 5 规定的 HLG 转换曲线
		matrix_coefficients	8	GB/T 41809—2022 表 4 规定的非恒定亮度系统采用的彩色信号转换矩阵

6.3.2 PQ 元数据封装要求

采用不同编码方式对PQ视频编码时，在对应编码码流中对PQ元数据进行封装，具体规定如下：

- 采用GY/T 299.1—2016规定的AVS2编码时，PQ元数据在AVS2编码码流中的封装应符合GY/T 358—2022中8.1的规定；
- 采用GY/T 368—2023规定的AVS3编码时，PQ元数据在AVS3编码码流中的封装应符合GY/T 368—2023中7.1.2表18、表23和表24的规定；
- 采用H.265编码时，PQ元数据在H.265编码码流中的封装宜符合GY/T 358—2022附录C的规定。

6.4 HDR 视频传输要求

HDR（PQ）视频编码码流传输过程中，应支持PQ元数据透传。

6.5 HDR 视频解码要求

HDR视频解码功能要求应符合表6的规定。

表6 HDR视频解码功能要求

序号	项目	技术要求	必备/可选
1	HDR 视频类型解析	正确解析视频编码码流中的 HDR 视频类型	必备
2	PQ 元数据解封装	正确解封装 HDR（PQ）视频编码码流中的 PQ 元数据	必备

6.6 PQ 元数据显示适配要求

PQ元数据显示适配功能要求应符合表7的规定。

表7 PQ元数据显示适配功能要求

序号	项目	技术要求	必备/可选
1	显示适配效果	在 HDR 显示设备上图像显示正常	必备
		在 SDR 显示设备上图像显示正常	必备
2	输出亮度设置	支持用户对输出亮度进行设置	可选
3	色域转换	支持 BT. 2020 色域到 BT. 709 色域的转换	必备
4	亮度非线性转换	支持 HDR (PQ) 到 SDR 的转换	必备

7 测量方法

7.1 测量环境条件

环境温度：15℃~30℃；
 相对湿度：20%~80%；
 电压幅度：220V±22V AC；
 电压频率：50Hz±1Hz。

7.2 HDR 视频制作关键技术参数

7.2.1 测量框图

测量框图见图3和图4。



图3 HDR视频文件关键技术参数测量框图

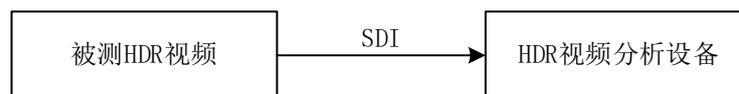


图4 HDR视频信号关键技术参数测量框图

7.2.2 测量步骤

如果HDR视频采用MXF文件格式进行封装，测量步骤如下：

- a) 按图 3 将被测 HDR 视频文件送至 HDR 视频分析软件；
- b) 采用 HDR 视频分析软件解析 HDR 视频文件的关键技术参数是否符合 6.1 的规定。

如果 HDR 视频采用 SDI 接口进行传输，测量步骤如下：

- a) 按图 4 连接被测 HDR 视频和 HDR 视频分析设备；
- b) 使用 HDR 视频分析设备检查被测 HDR 视频技术参数是否符合 6.1 的规定。

7.3 PQ 元数据生成

7.3.1 PQ 静态元数据、PQ 动态元数据、PQ 元数据生成模块

7.3.1.1 测量框图

测量框图见图5。

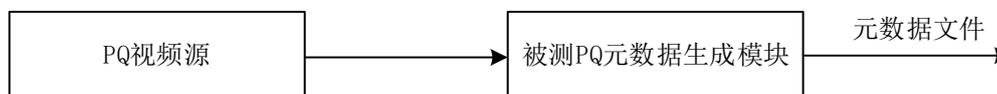


图5 PQ静态元数据、PQ动态元数据、PQ元数据生成模块测量框图

7.3.1.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图5所示，将符合GB/T 41808—2022技术参数要求的PQ视频输入至被测PQ元数据生成模块；
- b) 被测PQ元数据生成模块生成包含PQ静态元数据和PQ动态元数据的元数据文件，检查PQ静态元数据是否符合6.2.1的规定、PQ动态元数据是否符合6.2.2的规定；
- c) 检查被测PQ元数据生成模块的功能是否符合6.2.3的规定。

7.3.2 PQ元数据显示适配后图像质量

采用附录A规定的主观评价方法对采用被测元数据生成模块生成后的PQ元数据进行显示适配后的图像质量进行主观评价，检查图像质量是否符合6.2.4的规定。

7.4 HDR视频编码

7.4.1 测量框图

测量框图见图6。



图6 HDR视频编码测量框图

7.4.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图6连接测量仪器和被测HDR视频编码模块；
- b) 将符合GB/T 41808—2022技术参数要求的PQ视频输入至被测HDR视频编码模块，将经被测HDR视频编码模块编码后的码流送至HDR视频编码码流分析仪，检查HDR视频类型标识是否符合6.3.1的规定，检查PQ元数据封装是否符合6.3.2的规定；
- c) 将符合GB/T 41808—2022技术参数要求的HLG视频输入至被测HDR视频编码模块，将经被测HDR视频编码模块编码后的码流送至HDR视频编码码流分析仪，检查HDR视频类型标识是否符合6.3.1的规定。

7.5 HDR视频传输

7.5.1 测量框图

测量框图见图7。



图7 HDR视频传输测量框图

7.5.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图7连接测量仪器和被测 HDR 视频传输网络；
- b) 视频码流发生器输出 PQ 视频编码参考码流，经过被测 HDR 视频传输网络，使用 HDR 视频分析仪检查视频码流发生器输出的 PQ 元数据和经过被测 HDR 视频传输网络后输出的 PQ 元数据是否符合 6.4 的规定。

7.6 HDR 视频解码

7.6.1 测量框图

测量框图见图8。



图8 HDR视频解码测量框图

7.6.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图8连接测量仪器和被测 HDR 视频解码模块；
- b) 视频码流发生器输出 HLG 视频编码参考码流，经过被测 HDR 视频解码模块后输出 HDR 视频类型解析结果，检查解析结果是否与 HLG 视频编码参考码流中的 HDR 视频类型一致；
- c) 视频码流发生器输出 PQ 视频编码参考码流，经过被测 HDR 视频解码模块后输出 HDR 视频类型解析结果和 PQ 元数据，检查解析结果是否与 PQ 视频编码参考码流中的 HDR 视频类型和 PQ 元数据一致。

7.7 PQ 元数据显示适配

7.7.1 测量框图

测量框图见图9。



图9 HDR视频解码测量框图

7.7.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 9 连接测量仪器和被测 PQ 显示适配模块；
- b) 视频码流发生器输出 PQ 视频编码参考码流，经过参考 HDR 视频解码模块后将 PQ 视频和 PQ 元数据输出至被测 PQ 显示适配模块并输出至显示设备；
- c) 检查被测 PQ 显示适配模块功能是否符合 6.6 的规定。

附 录 A
(规范性)
HDR 视频主观质量评价方法

A.1 测试视频

采用GY/T 329—2020中表1中规定的具有HDR考察特性的测试视频作为源信号，如序号1、2、9、27、29、34、37、52、53等，视频数量不少于8个，每段视频不少于10s。

A.2 观看条件

对显示适配处理后的测试视频（即被测视频）进行主观评价时，4K超高清清晰度视频的观看条件应符合表A.1的规定，显示器技术要求及参数值应符合表A.2的规定。

表A.1 4K超高清清晰度视频主观评价观看条件

序号	项目		参数值
1	观看距离		1.6 倍图像显示高度
2	水平方向测试观看角度		$\pm 58^\circ$
3	显示器后的背景亮度与视频峰值亮度的比值	SDR	≤ 0.15
		HDR	≤ 0.005
4	环境亮度		$\leq 5\text{cd/m}^2$
5	背景色温		D_{65}

表A.2 4K超高清清晰度显示器技术要求及参数值

序号	项目		技术要求及参数值
1	显示器尺寸		对角线的尺寸应不小于 1.40m (55in)，宜大于 1.78m (70in)
2	显示器物理分辨率		$\geq 3840 \times 2160$
3	显示器色域		支持 BT. 2020 色域
4	显示器峰值亮度 ^a (cd/m^2)	SDR	150~300
		HDR	≥ 1000
5	显示器对比度 ^b	SDR	≤ 0.02
		HDR	≤ 0.000005
^a 峰值亮度是指 100%峰值视频电平对应的亮度。 ^b 该值为显示器黑场亮度与峰值亮度之比，会受到环境光的影响。			

A.3 观看员

参加主观评价的观看员应为专门从事视频研究领域的专业人员，应大于等于9人。观看员应具有正常的视力（含校正视力）和色觉。

A.4 评价测试阶段

评价组织者应向观看员详细介绍评价方法、质量要素、评分标度、经处理后的视频可能发生的缺陷内容及评价时间长度。应采用训练视频说明要评价的视频质量要素，训练视频应不同于测试中采用的测试视频，但应具有类似的特性。

测试可能会包括几个测试单元，但整个测试时长应持续在半小时以内。测试开始时，应播放2个训练视频，以稳定观看员的评价意见。观看员对这2个视频给出的评分不计入最终的统计结果。

在测试中，观看员使用评分表，独自对显示的被测视频评分。观看员不应知晓被测系统或设备的品牌型号。

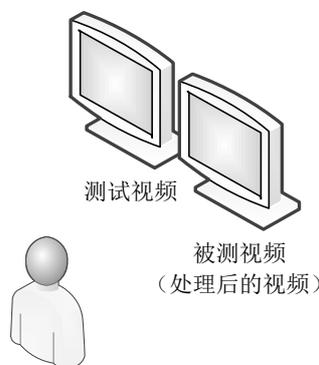
A.5 主观评价的编排显示

主观评价视频编排示意图见图 A.1。评价时采用 2 台显示器，1 台显示测试视频源信号（测试源）作为参考用于查看源视频的色彩、层次等视频质量要素，另 1 台显示被测视频，显示布局示意图见图 A.2。



注：字幕图像为灰场信号上叠加的字幕，灰场为25%IRE的中灰视频信号。

图A.1 主观评价视频编排示意图



图A.2 显示布局示意图

A.6 评分标度

应采用表A.3规定的评分标度，对播放的每个被测视频的清晰度、色彩、层次、真实感、临场感进行评价。

表A.3 主观评价用评分表

评分标度	损伤程度		打分
10	不可察觉Imperceptible		
9	刚可察觉	画面某处Somewhere	
8	Slightly perceptible	全画面Everywhere	
7	可察觉	画面某处Somewhere	
6	Perceptible	全画面Everywhere	
5	易察觉	画面某处Somewhere	
4	Clearly perceptible	全画面Everywhere	
3	易察觉且讨厌	画面某处Somewhere	
2	Annoying	全画面Everywhere	
1	非常讨厌	画面某处Somewhere	
0	Severely annoying	全画面Everywhere	

A.7 结果分析和统计

对每个观看员的打分结果进行皮尔森秩相关处理，拒绝域门限值为0.75。对筛选后的数据计算平均分，为每个图像的质量评分。

参 考 文 献

- [1] GY/T 340—2020 超高清清晰度电视图像质量主观评价方法 双刺激连续质量标度法
- [2] Pearson's Correlation Coefficient. In: Kirch, W. (eds) Encyclopedia of Public Health. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5614-7_2569.
-